

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-317561

(43)公開日 平成11年(1999)11月16日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup> 識別記号

H 0 1 S 3/17  
C 0 3 C 3/068  
3/095  
3/15  
4/12

F I

H 0 1 S 3/17  
C 0 3 C 3/068  
3/095  
3/15  
4/12

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平11-51452

(22)出願日 平成11年(1999) 2 月26日

(31)優先権主張番号 特願平10-50992

(32)優先日 平10(1998) 3 月 3 日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

特許法第30条第1項適用申請有り 1999年1月22日 社  
団法人日本セラミックス協会発行の「The 10th  
Meeting on Glasses for Ph  
otonics講演要旨集」に発表

(71)出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72)発明者 田部 勢津久

京都府京都市伏見区深草西浦町3-89 シ  
ャトー深草1st20A

(72)発明者 花田 禎一

兵庫県川西市けやき坂2-29-3

(72)発明者 杉本 直樹

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子株式会社内

(72)発明者 伊藤 節郎

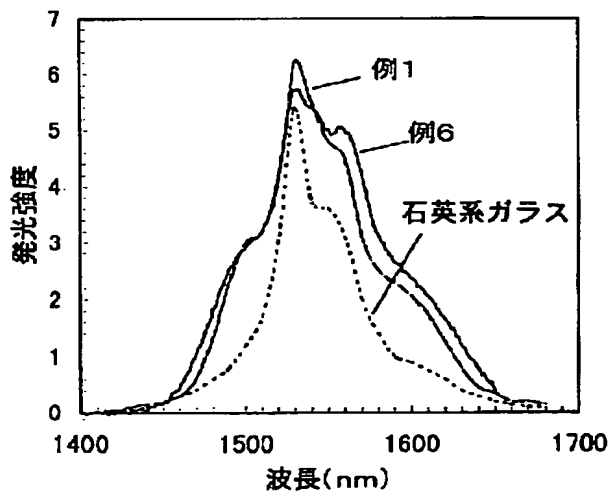
神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子株式会社内

(54)【発明の名称】 光増幅ガラス

(57)【要約】

【課題】利得が得られる波長幅が80nm以上の光増幅  
ガラスを得る。

【解決手段】実質的にモル%表示で、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ :30~  
80%、 $\text{B}_2\text{O}_3$ :15~69%、 $\text{Li}_2\text{O}+\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2+\text{SnO}_2+\text{SiO}_2$ :0~50%、 $\text{CeO}_2$ :0.  
01~10%、からなるマトリクスガラスにErを0.  
01~10重量%添加した光増幅ガラス。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】実質的にモル%表示で、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ : 30~80%、 $\text{B}_2\text{O}_3$ : 15~69%、 $\text{Li}_2\text{O}+\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2+\text{SnO}_2+\text{SiO}_2$ : 0~50%、 $\text{CeO}_2$ : 0.01~10%、からなるマトリクスガラスにErを0.01~10重量%添加したことを特徴とする光増幅ガラス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光増幅ガラスに関し、特に1.5~1.6 $\mu\text{m}$ の波長域で動作可能な広帯域光増幅ガラスに関する。

## 【0002】

【従来の技術】光通信分野への応用を目的として、コアに希土類元素を添加した光ファイバを光増幅媒体とした光ファイバ増幅器、特にEr（エルビウム）添加光ファイバ増幅器（EDFA）の研究開発が進められ、光通信システムへの応用が盛んに進められている。一方で、将来見込まれる通信サービスの多様化に対応するために、伝送容量の拡大を図る波長多重光通信方式（WDM）が提案されている。波長多重のチャンネル数が増加するほど、伝送容量が大きくなる。このような波長多重伝送方式へのEDFAの応用も検討されている。現在、提案されているEDFAとしては、Er添加石英系ガラスファイバが知られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来知られているEr添加石英系ガラスファイバの場合、利得の波長依存性が急峻であり、利得が得られる波長幅は10~40nm程度と狭い。その結果、従来のEDFAを使用するかぎり、波長多重チャンネル数は、30~40チャンネル程度に限られる。

【0004】より広い波長領域でフラットな利得をもつことができるEDFAが実現されれば、使用できる信号波長が広げられ伝送容量の格段に向上するため、そのようなEDFAの実現が望まれている。

【0005】このような課題を解決するために、波長に対する増幅利得特性が異なる増幅器を直列に配置することによって、広い波長域で使用できる光増幅器が提案されているが、構造が煩雑になったり、波長域の中心付近に増幅できない領域が存在する問題があった。本発明は以上の課題を解決する、利得が得られる波長幅が80nm以上の光増幅ガラスの提供を目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、実質的にモル%表示で、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ : 30~80%、 $\text{B}_2\text{O}_3$ : 15~69%、 $\text{Li}_2\text{O}+\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2+\text{SnO}_2+\text{SiO}_2$ : 0~50%、 $\text{CeO}_2$ : 0.01~10%、からなるマトリクスガラスにErを0.01~10重量%添加したことを特徴とする光増幅ガラスを提供する。

【0007】本発明は、Erを添加したガラスを光増幅媒体として用い、Erの $I_{1,1/2}$ 準位から $I_{1,3/2}$ 準位への誘導放出遷移を利用する。図1はEr<sup>3+</sup>イオンのエネルギー準位図であり、上準位 $I_{1,3/2}$ 準位から下準位 $I_{1,1/2}$ 準位への遷移により発光することを示している。

## 【0008】

【発明の実施の形態】本発明の光増幅ガラスは、利得が得られる波長幅を大きくするために、モル%表示で以下のような組成範囲をもつマトリクスガラスに、0.01~10重量%のErを添加するものとされる。

【0009】 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ : 30~80%、 $\text{B}_2\text{O}_3$ : 15~69%、 $\text{Li}_2\text{O}+\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2+\text{SnO}_2+\text{SiO}_2$ : 0~50%、 $\text{CeO}_2$ : 0.01~10%。

【0010】本発明の光増幅ガラスの好ましい第1の態様のマトリクスガラスの組成範囲は、モル%表示で実質的に、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ : 30~80%、 $\text{B}_2\text{O}_3$ : 15~40%、 $\text{Li}_2\text{O}+\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2+\text{SnO}_2+\text{SiO}_2$ : 2~50%、 $\text{CeO}_2$ : 0.01~10%、である。

【0011】本発明の光増幅ガラスの好ましい第2の態様のマトリクスガラスの組成範囲は、モル%表示で実質的に、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ : 30~59%、 $\text{B}_2\text{O}_3$ : 40超~69%、 $\text{Li}_2\text{O}+\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2+\text{SnO}_2+\text{SiO}_2$ : 0~29.9%未満、 $\text{CeO}_2$ : 0.01~10%、である。

【0012】本発明の光増幅ガラスの好ましい第1の態様においては、利得が得られる波長幅は80nm以上であり、利得に対応する後述の発光強度ピーク値は6以上であり、利得が大きいことに特徴がある。

【0013】本発明の光増幅ガラスの好ましい第2の態様においては、利得が得られる波長幅は90nm以上であり、発光強度ピーク値は5以上であり、利得が得られる波長幅が大きいことに特徴がある。以下で、本発明の光増幅ガラスの組成について説明する。

【0014】 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ の含有量が30モル%未満では、期待する光増幅特性が得られず、逆に、80モル%超ではガラス化が困難になる。本発明の好ましい第1の態様においては59モル%以下である。

【0015】 $\text{B}_2\text{O}_3$ は添加することによって、ガラス作製時の結晶化を抑止でき、ガラス形成が容易になる。15モル%未満ではガラス化が困難になり、含有量が69モル%超では期待する光増幅特性が得られないおそれがある。本発明の好ましい第1の態様においては40モル%以下であり、本発明の好ましい第2の態様においては40モル%超である。

【0016】 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{SnO}_2$ および $\text{SiO}_2$ はいずれも必須ではないが、ガラス作製時の結晶化を抑止し、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 含有量を高くするために、これらからなる群から選ばれる1種以上を含量で50モル%まで含有してもよい。50モル%超の場合は期待する光増幅特性が得られないおそれがある。しかし、本発明

の好ましい第1の態様においてはこれらのうちのいずれかの成分は必ず含有し、その含量は2モル%以上である。一方、本発明の好ましい第2の態様においてはこれらの成分はいずれも必須ではなく、その含量は29.9モル%未満である。

【0017】 $\text{CeO}_2$ は、ガラス組成中の $\text{Bi}_2\text{O}_3$ がガラス溶解中に還元して金属ビスマスとして析出することを抑制し、ガラスの透明性の低下を抑止できる。含有量が0.01モル%未満では、その効果が不十分となる。逆に、含有量が10モル%超ではガラス形成が困難になる。

【0018】本発明の光増幅ガラスのマトリクスガラスは実質的に上記成分からなるが、これ以外の成分を、本発明の目的を損なわない範囲でマトリクスガラス中に添加することには特に制限はない。たとえば、 $\text{MgO}$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{BaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ は、含量で10重量%（外掛け）以下の範囲で添加することによって、ガラス作製時の結晶化を抑止でき、ガラス形成が容易になるので好ましい。

【0019】 $\text{Er}$ の添加量は、光増幅ファイバの長さに依存し、ファイバが長い場合は添加量を少なく、ファイバが短い場合は添加量を多くするのが好ましいが、その添加量はマトリクスガラスに対し $\text{Er}$ 換算で0.01～10重量%（外掛け）の範囲とする。 $\text{Er}$ 添加量が0.01重量%未満であると期待する光増幅特性が得られず、逆に10重量%超であると濃度消光によって光増幅特性が低下する。

【0020】また、これらのガラスの作製法についても特に制限はなく、原料を混合し、白金ルツボ、アルミナルツボ、石英ルツボやイリジウムルツボ中に入れ、800～1300℃で空气中で熔融し、得られた融液を所定のモールドにキャストすることによって作製できる。また、ゾルゲル法や気相蒸着法などの熔融法以外の方法で作製してもよい。なお、このようにして作製したガラスからブリフォームを作成してファイバ化したり、二重るつば法によってファイバ化することによって光増幅ファイバを作成できる。

【0021】

【実施例】本発明の光増幅ガラス（例1～10）の組成（単位はモル%、ただし $\text{Er}$ は重量%で表示した添加量。）を表に示す。なお、例1～5は本発明の光増幅ガラスの好ましい第1の態様の実施例、例6～10は本発

明の光増幅ガラスの好ましい第2の態様の実施例である。

【0022】図2は例1および例6の光増幅ガラス中の $\text{Er}^{3+}$ イオンの上準位 $^4\text{I}_{13/2}$ 準位から下準位 $^4\text{I}_{15/2}$ 準位への発光および従来から知られている石英系ガラス中の $\text{Er}^{3+}$ イオンの同様の発光における発光強度の波長依存性を比較したものである。発光強度の単位は任意単位である。

【0023】図2において、発光強度が2.5以上の場合に光増幅利得が得られることがわかっている。例1の光増幅ガラスの発光強度ピーク値は6.2、例6の光増幅ガラスの発光強度ピーク値は5.7であり、いずれも光増幅利得が得られる。一方、石英系ガラスの発光強度ピーク値は5.4である。

【0024】光増幅利得が得られる波長範囲は、石英系ガラスの場合1520～1560nmすなわち幅40nmであるのに対し、例1の光増幅ガラスの場合1480～1580nmすなわち幅100nm、例6の光増幅ガラスの場合1480～1600nmすなわち幅120nmである。利得が得られる波長幅は、本発明の光増幅ガラスにおいては石英系ガラスのそれぞれ2.5倍、3倍に達する。

【0025】例2～5および例7～10の光増幅ガラスについても発光強度ピーク値および利得が得られる波長幅（単位：nm）を測定した。測定結果を、例1および例6に対する結果とともに表に示す。

【0026】例2～5の光増幅ガラスにおいては例1と同様に、例7～10の光増幅ガラスにおいては例6と同様に、利得が得られる波長幅は、石英系ガラスのそれぞれ約2.5倍、3倍であった。また、例1～5の光増幅ガラスの発光強度ピーク値は6.1以上であり、石英系ガラスに比べより大きな利得が得られる。

【0027】本発明の光増幅ガラスが石英系ガラスに比べより広い波長範囲で発光するのは、以下の理由によるものと推定される。すなわち、本発明の光増幅ガラスには重元素イオンである $\text{Bi}$ イオンが高濃度で含有されているため、ガラス中の光-電場相互作用が大きい。そのためシュタルク効果により $^4\text{I}_{13/2}$ 準位や $^4\text{I}_{15/2}$ 準位等のエネルギー準位の幅が広がっており、より広い波長範囲で発光する。

【0028】

【表1】

	例1	例2	例3	例4	例5
$B_2O_3$	42.6	49.5	65	67	74
$B_2O_3$	28.5	25	29.5	25	15.8
$Li_2O$	0	0	0	0	3
$TiO_2$	0	0	0	7.8	7
$ZrO_2$	0	0	5	0	0
$SnO_2$	0	20	0	0	0
$SiO_2$	28.5	5	0	0	0
$CeO_2$	0.4	0.5	0.5	0.2	0.2
Er	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
発光強度ピーク値	6.2	6.4	6.1	6.2	6.9
波長幅	100	102	103	102	100

【0029】

\* \* 【表2】

	例6	例7	例8	例9	例10
$B_2O_3$	43	50	31	41	34.6
$B_2O_3$	56.9	42	60	55	40
$Li_2O$	0	0	0	0	0
$TiO_2$	0	0	0	0	0
$ZrO_2$	0	0	0	0	0
$SnO_2$	0	0	0	0	0
$SiO_2$	0	7.8	8.85	3.8	25
$CeO_2$	0.1	0.2	0.15	0.2	0.4
Er	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
発光強度ピーク値	6.7	6.3	6.1	6.2	6.7
波長幅	120	121	125	123	120

【0030】

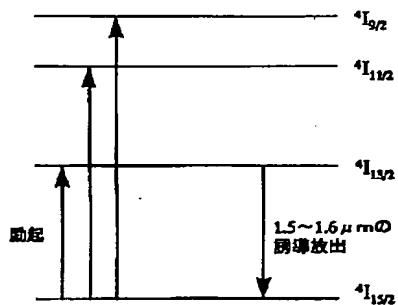
※【図面の簡単な説明】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明の光増幅ガラスにより、より広帯域の光増幅が可能になり、波長 30 多重伝送方式による大容量の情報伝送が可能になる。 ※

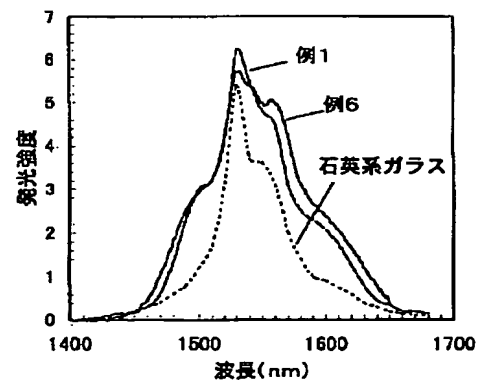
【図1】Er<sup>3+</sup>イオンのエネルギー準位を示す図。

【図2】本発明の光増幅ガラスと従来から知られている石英系ガラスの発光スペクトルを示す図。

【図1】



【図2】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**